

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico y Fisiológico de Plantas de Chile (*Capsicum  
annuum L.*) Obtenidas de Semilla Deteriorada Tratada con Fitohormonas y  
 $KNO_3$

Por:

**LUIS FERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico y Fisiológico de Plantas de Chile (*Capsicum  
annuum L.*) Obtenidas de Semilla Deteriorada Tratada con Fitohormonas y  
KNO<sub>3</sub>

Por:

**LUIS FERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Asesora Principal

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo  
Coasesor

Dr. David Sánchez Aspeytia  
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre, 2019

## DEDICATORIA

### *A MIS PADRES*

*Sra. María Hortencia Gómez Avitia y Sr. Gerardo Hernández Estrada*

Quienes con su confianza, cariño y apoyo, me han convertido en persona de provecho, ayudándome al logro de una meta más, por compartir tristezas y alegrías, éxitos y fracasos, por todos los detalles que me han brindado durante mi vida como estudiante y por hacer de mi lo que soy, por eso y más gracias.

### *A MIS HERMANOS*

*Gerardo Antonio Hernández Gómez, Ulises Yahir Hernández Gómez y Danitza Guadalupe Hernández Gómez*

Gracias por el apoyo que me brindaron durante el trayecto de mi carrera, por estar en los momentos en los que los necesite, así como también compartir con migo momentos especiales donde me brindaron su amor de hermanos.

### *A MI NOVIA*

*Odalis Jazmín Núñez Ruíz*

Gracias por el apoyo incondicional que me brindaste a lo largo de mi carrera, por estar con migo cuando más lo necesite, por darme la fuerza para seguir adelante y cumplir mis propósitos como estudiante, no fue sencillo culminar este logro, más sin embargo siempre estuviste presente para motivarme, tu ayuda a sido fundamental por eso y más, mil gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A DIOS***

Por bendecirme todos los días e iluminarme en mi camino durante mi trayecto como estudiante, por haber sido la fuerza, mi escudo y por hacer de mi lo que soy.

### ***A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO***

Por ser la casa de estudios que me formo como profesional, por haberse convertido en mi segunda casa y por a verme brindado sus servicios para poder culminar este logro.

### ***A MIS PROFESORES***

Por la enseñanza que me brindaron durante el trayecto de la carrera, por todos los consejos transmitidos, sé que no fue fácil pero gracia a su presión ejercida se puede lograr el éxito.

### ***A LA DRA. NORMA ANGÉLICA RUIZ TORRES***

Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación y por todo el tiempo que me dedicó, así como también sus valiosos consejos y enseñanzas que siempre tendré presente.

### ***AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS***

Por a verme abierto las puertas de la institución y por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo de investigación.

### ***AL DR. DAVID SÁNCHEZ ASPESJA***

Por su valiosa asesoría durante todo el trabajo realizado y por la disposición que tubo para ayudarme en los aspectos técnicos de manejo del cultivo en el invernadero.

# ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| Índice de Cuadros.....                                      | vii  |
| Índice de Anexos .....                                      | viii |
| <b>RESUMEN</b> .....  | ix   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                   | 1    |
| OBJETIVO GENERAL .....                                      | 3    |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                 | 3    |
| HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....                                  | 4    |
| HIPÓTESIS NULA .....  | 4    |
| <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                         | 5    |
| Importancia del cultivo.....                                | 5    |
| Producción mundial.....                                     | 6    |
| Producción nacional.....                                    | 7    |
| Producción regional .....                                   | 8    |
| Calidad de semillas .....                                   | 8    |
| Deterioro de semillas.....                                  | 9    |
| Tratamiento de semillas e importancia en los cultivos ..... | 10   |
| Fitohormonas .....  | 10   |
| Importancia de las fitohormonas .....                       | 12   |
| Bioestimulantes.....  | 12   |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                           | 13   |
| Localización del experimento.....                           | 13   |
| 1.    LABORATORIO DE FISIOLOGÍA DE SEMILLAS.....            | 13   |
| Material vegetal.....                                       | 13   |
| Preparación de los tratamientos.....                        | 13   |
| Siembra en charola .....                                    | 14   |
| 2.    INVERNADERO DEL INIFAP .....                          | 15   |
| Trasplante a invernadero .....                              | 15   |
| Fertirrigación .....  | 15   |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Solución Nutritiva Final.....       | 16        |
| Podas.....                          | 17        |
| Sistema de conducción.....          | 17        |
| Problemas bióticos y abióticos..... | 18        |
| Variables evaluadas.....            | 19        |
| Cosecha de frutos.....              | 20        |
| Diseño experimental.....            | 21        |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>            | <b>36</b> |
| <b>LITERATURA CITADA.....</b>       | <b>37</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                  | <b>45</b> |

## Índice de Cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Tratamientos aplicados a semillas en laboratorio.....  | 14 |
| Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en chile poblano bajo condiciones de invernadero.....                               | 23 |
| Cuadro 3. Comparación de medias por Fecha para las variables evaluadas en chile poblano bajo condiciones de invernadero.....   | 26 |
| Cuadro 4. Cuadrados medios por Fecha del análisis de varianza de la variable clorofila, determinada en plantas de chile poblano bajo condiciones de invernadero..... | 28 |
| Cuadro 5. Comparación de medias por Fecha para la variable contenido de clorofila, evaluada en plantas de chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido.....  | 29 |
| Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de fotosíntesis evaluadas en chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido.....        | 32 |
| Cuadro 7. Comparación de medias por Fecha para las variables fotosíntesis evaluadas en chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido.....                     | 35 |

## Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Medias del variable número de frutos por Fecha de corte, en plantas de chile poblano.....                        | 45 |
| Figura 2. Medias de la variable peso por fruto de chile poblano por tratamiento y por Fecha de corte.....                  | 45 |
| Figura 3. Respuesta de la variable peso total de frutos cosechados de plantas de chile poblano, por Fecha de corte.....    | 46 |
| Figura 4. Respuesta de la variable diámetro ecuatorial de frutos de chile poblano, evaluados en cinco Fechas de corte..... | 46 |



## RESUMEN

Comportamiento Agronómico y Fisiológico de Plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) Obtenidas de Semilla Deteriorada Tratada con Fitohormonas y  $\text{KNO}_3$

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila y en uno de los invernaderos del Campo Experimental Saltillo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Con el objetivo de evaluar la respuesta fisiológica y los efectos en el rendimiento de frutos, del tratamiento a semillas deterioradas previo a la siembra, con productos comerciales bioestimulantes y reguladores de crecimiento (Fitobolic a 0.0, 0.5 1.0 %,  $\text{KNO}_3$  a 0, 2, 4 y 6 % y Kinetin a 0, 0.5 y 1.0 ppm). Para cada tratamiento se contaron 120 semillas y se ubicaron en una caja de Petri sobre papel filtro, posteriormente se imbibieron por 48 h. En seguida se sembraron entre papel Anchor por 21 días. Trascurrido el tiempo, las plántulas se trasplantaron a charolas.

Seis semanas después, se trasplantaron en macetas de polietileno de alto calibre. El experimento se estableció utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se evaluaron las siguientes variables contenido de clorofila, Fotosíntesis, Tasa de asimilación de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  intercelular, Transpiración, Conductancia estomática, número de frutos por planta, peso total de frutos por corte, peso por fruto, diámetro polar de fruto y diámetro ecuatorial de fruto. Con los datos se realizó un análisis de varianza para poder determinar el efecto y la posible existencia de diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, se prosiguió a realizar una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ),

Se observó en todos los casos que los tratamientos aplicados a semillas deterioradas de chile poblano con reguladores de crecimiento y bioestimulantes,

no afectan la respuesta fisiológica y agronómica de las plantas. Por lo que el comportamiento agronómico dependerá del manejo cultural al que sean sometidas las plantas durante su ciclo de producción.

En cuanto a las Fechas de evaluación se encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables, número de frutos por corte, peso total de frutos por corte, peso por fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y contenido de clorofila. En todas las variables el valor más alto se observó en la tercera Fecha de corte, y para contenido de clorofila en la quinta Fecha de evaluación.

Los resultados también indicaron que la aplicación de fitohormonas y bioestimulantes a semillas de chile poblano (*Capsicum annuum*) variedad san Luis, mostraron interacción significativa entre tratamientos y Fecha de evaluación.

**Palabra clave:** Fitohormonas, Bioestimulantes, Frutos, Clorofila, Fotosíntesis, CO<sub>2</sub>, Transpiración.

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum*) es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México y el mundo, porque sus frutos se consumen tanto en fresco como en seco, para proporcionar color, sabor y aroma, a infinidad de platillos, lo que lo sitúa entre las principales especies. México es el país con la mayor diversidad de chiles, se cultiva prácticamente en todo el territorio, con sistemas de producción y problemáticas muy diversos. Por ello es de suma importancia contar con nueva información sobre el cultivo (Aguilar, 2012).

México se ubica como el principal exportador de chile verde a escala internacional y es el segundo productor mundial, las variedades que más se cultivan son: jalapeño, serrano, poblano, pimiento morrón y habanero, existiendo alrededor de 150,000 hectáreas sembradas con más de dos millones de toneladas anuales de chile seco y verde (Aguirre y Muñoz, 2015).

El consumo y cultivo del chile se han incrementado debido a que es rico en vitaminas A, C, B<sub>6</sub>, antioxidantes, flavonoides, anticancerígenos, antimicrobianos, pigmentos, aceites fijos y volátiles, carotenoides, oleoresinas y alcaloides con potencial insecticida (Pérez *et al.*, 2014).

En los últimos años se ha observado una reducción en sus rendimientos y en su superficie sembrada, debido a factores como falta de variedades, heladas, plagas y enfermedades, entre otros, lo que puede llevar a la pérdida de su diversidad genética. Pese a lo anterior, poco se ha investigado para solucionar su problemática actual (Aguilar *et al.*, 2011).

Es importante mencionar que los agrosistemas de producción de chile son diversos en infraestructura utilizada, superficie sembrada, manejo del cultivo, plagas y enfermedades (Pérez *et al.*, 2017).

En el cultivo y producción del chile, el deterioro de la semilla durante el almacenamiento reduce su capacidad germinativa y el establecimiento de plántulas en campo, se desconocen los niveles de los factores ambientales que afectan su longevidad germinativa y su desempeño fisiológico durante el almacenamiento, en función del estado de desarrollo a la cosecha (Pérez *et al.*, 2012).

La baja germinación de semillas, asociada a la impermeabilidad de su testa es otro de los factores que limita su propagación, los chiles son importantes en la cultura culinaria regional, por lo que el conocer los factores que influyen en su germinación y desarrollo permitirá su aprovechamiento sustentable (Prado *et al.*, 2015).

## **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la respuesta agronómica en plantas de chile poblano cultivadas en invernadero, con procedencia de semilla deteriorada con baja tasa de germinación, tratada con fitohormonas y  $\text{KNO}_3$ .
- Determinar la respuesta fisiológica en plantas de chile poblano cultivadas en invernadero, con procedencia de semilla deteriorada con baja tasa de germinación, tratada con fitohormonas y  $\text{KNO}_3$ .

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar con base en variables evaluadas en plantas en invernadero, la respuesta agronómica y fisiológica al tratamiento de semillas con bioestimulantes y reguladores de crecimiento, previo a la siembra.
- Evaluar los efectos en el rendimiento de frutos, del tratamiento a semillas deterioradas previo a la siembra, con tres productos comerciales bioestimulantes y reguladores de crecimiento.

## **HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

- Al menos uno de los tratamientos a semillas con bioestimulantes y reguladores de crecimiento, tendrá efecto positivo en el desarrollo, crecimiento, fotosíntesis y contenido de clorofila de las plantas, para obtener como resultado un mejor rendimiento.

## **HIPÓTESIS NULA**

- Ninguno de los tratamientos a semillas, con bioestimulantes y reguladores de crecimiento tendrá efecto positivo en el desarrollo, crecimiento, fotosíntesis y contenido de clorofila de las plantas, para obtener como resultado un mejor rendimiento.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Importancia del cultivo

El chile en México es considerado uno de los cultivos de mayor importancia desde el punto de vista cultural, agronómico, económico y nutricional. Por ser el Centro de Origen y domesticación de la especie (*Capsicum annuum* L.), y debido a la variabilidad genética, se ha originado diferencia en formas, tamaños y colores de fruto, existiendo poblaciones silvestres que es necesario preservar y estudiar (Aguirre *et al.*, 2017).

Las especies incluyen a *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. pubescens* y *C. chinense*. Desde el punto de vista agrícola, la especie más importante es *Capsicum annuum* L., que es originaria de México y en ella se encuentran variedades de frutos grandes y pequeños, dulces y picantes. Las evidencias más antiguas de su consumo por los humanos se remontan a 7,000 años AC. De acuerdo con la antigüedad del hallazgo, el chile podría ser el primer cultivo utilizado por el hombre (Ponce *et al.*, 2008).

Se han identificado 64 tipos de chiles, Oaxaca es el estado con mayor diversidad, con al menos 25 tipos, seguido de Guerrero con 12 registros, Puebla con 10 y Veracruz con nueve. En el norte del país, los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora y la Península de Baja California, registraron diferentes variantes de chile piquín o chiltepín (*C. annuum* var. *glabriusculum*); alrededor de esta diversidad de chiles, se desarrolla una economía local de la que dependen familias para sobrevivir o mejorar el bienestar familiar (SNICS-SAGARPA, 2017).

Toledo *et al.* (2016) mencionan que la diversidad genética existente en los diferentes tipos de chile en México ha sido poco estudiada. El chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) tiene gran importancia culinaria por ser ingrediente de platillos tradicionales, además constituye una fuente de ingresos para las

familias rurales, sin embargo, no existe ningún estudio que determine la diversidad morfológica de las poblaciones nativas de este tipo de chile encontradas en este nicho ecológico.

Aunque el género *Capsicum* ha sido sometido a estudios taxonómicos y evolutivos por medio del uso de caracteres morfológicos, citogenéticos y moleculares, aún persisten problemas en la delimitación del género y sus especies, la nomenclatura de las formas silvestres y las cultivadas en el tratamiento de la variación intraespecífica (Hernández *et al.*, 1999).

En México, el chile Poblano (*Capsicum annuum L*) tiene una gran importancia económica y cultural tanto fresco como deshidratado. Un problema en la producción de chile rojo deshidratado también conocido como chile Ancho, es que se requieren de 10 a 15 días después de la cosecha para que se desarrolle el color rojo (Montalvo *et al.*, 2009).

## **Producción mundial**

De acuerdo a los datos de la división de estadística de la FAOSTAT (2017), el registro del área cosechada de chile en verde a nivel mundial es de 1,987,059 hectáreas, con una producción obtenida de 36,092,691 t/ha, donde la proporción de producción de chiles por región mundial, Asia participa con el 67.5%, mientras que el continente Americano solo aporta el 14.3%.

China ocupa el primer lugar en producción de chile en verde con 17,795,349 t/ha, seguido por México con 3,296,875 t/ha, Turquía 2,608,172, Indonesia 2,359,441 y España ocupando el quinto lugar con una producción de 1,277,908 t/ha (FAOSTAT, 2017).



## **Producción nacional**

De acuerdo al Avance de Siembras y Cosechas del SIAP (2019), en México en el año 2018 se registró una superficie sembrada de 157,540 ha, la cosechada fue de 154,305 ha, con una producción de 3,239,318 t, con un rendimiento promedio de 20.993 t/ha, es importante mencionar que esta estadística se refiere a chile verde, no existen datos que muestren la producción diferenciada por tipo de chiles.

Por otro lado, la producción de chile en el ciclo primavera-verano se registró una producción de 1, 963,190 t equivalentes al 60.6 % del total, mientras que el ciclo otoño-invierno generó 1, 276,123 t, constituyendo el 39.3% restante de la producción total nacional.

Los estados que más aportan a la producción nacional de chile principalmente son: Sinaloa donde participa con el 26% de la producción, seguido por Chihuahua con 20.7%, Zacatecas el 13% y San Luis Potosí con el 10%, mientras que el 30.3% restante lo aportan los demás estados de la república (SIAP-SAGARPA, 2019).

La producción de la variedad Chile Poblano (*Capsicum annuum L.*) en México durante el año 2015, se consolidó mayor producción en el ciclo otoño-invierno con 64%, mientras que el restante 36% se generó en primavera-verano, donde tres cuartas partes de la producción nacional de esta hortaliza lo generaron cuatro estados; Sinaloa con el 26%, Zacatecas el 24%, Guanajuato el 15% y Durango con un 10% (SIAP-SAGARPA, 2015).

## **Producción regional**

De acuerdo al avance de siembras y cosechas SIAP (2019), para la producción de chile verde en el estado de Coahuila, en el año 2018 generó una producción de 20,398 t, con un rendimiento de 32.7 t/ha, donde se tuvo una superficie sembrada de 622 ha libres de superficie siniestrada. Los municipios participantes son: Saltillo, aportando una producción del 50.2%, Laguna-Coahuila con un 45%, Acuña con 4% y finalmente Frontera aportando el 0.8% restante, con rendimientos (t/ha) desde los 12.27 a 35.3.

## **Calidad de semillas**

Las semillas son un elemento indispensable en la producción agrícola y representan uno de los medios para mejorar el rendimiento en los cultivos y la condición con la que cuenta es indispensable para la producción de semillas de alta calidad (González *et al.*, 2018).

Doria (2010) indica que la semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad.

La semilla de calidad posee cuatro atributos: el físico, el genético, el fisiológico y el sanitario. Cuando la semilla cuenta con estas cuatro cualidades los agricultores tienen mayores probabilidades de producir un cultivo sano y con mayor rendimiento. Sin embargo, la calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo, y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que estas permanecen almacenadas. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la

germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson , 1995).

Por otra parte, algunas especies de semillas, como las de *Capsicum* poseen latencia, que es una estrategia que las semillas tienen para asegurar su germinación, cuando las condiciones ambientales lo permitan, sin embargo, esta puede romperse mediante el uso de compuestos químicos (Flores y Jurado, 2011) que ayudan a la imbibición del agua y activación del metabolismo celular.

### **Deterioro de semillas**

Maldonado *et al.* (2016) mencionan que existen especies con propagación limitada debido a bajo porcentaje de germinación de las semillas, las cuales presentan dormancia o latencia. Por lo que los propósitos de investigación determinan buscar métodos eficaces para la germinación de semillas.

El deterioro de las semillas es visto como un complejo de cambios que ocurren con el pasar del tiempo, causando prejuicios a sistemas y funciones vitales, el deterioro empieza después que la semilla alcanza la maduración fisiológica y continúa hasta perder su capacidad de germinar. La duración del proceso de deterioro es determinada principalmente por la interacción entre la herencia genética, su contenido de humedad y la temperatura (Delouche. 2002).

Carrillo *et al.* (2011) indican que los factores ambientales más importantes que afectan la viabilidad de semillas almacenadas son la humedad relativa y la temperatura.

Bradford (2013) menciona que el deterioro de la semilla se origina mediante la generación de radicales libres, ocasionando daño a la integridad física de las membranas que, a su vez, causa pérdidas de comportamiento celular, reduciendo la actividad enzimática. Si bien muchos procesos pueden contribuir

al deterioro de las semillas, es probable que las especies reactivas de oxígeno y la oxidación química relacionada sean las principales responsables.

## **Tratamiento de semillas e importancia en los cultivos**

El tratamiento de semillas es un proceso clave para la obtención de plantas de calidad, que cumplan con las necesidades de los agricultores y zonas geográficas (SEMINIS, 2016).

Los tratamientos pregerminativos con el que se puede obtener buena germinación y emergencia, determinan el efecto que tiene el almacenamiento sobre la germinación y el vigor de semillas en la calidad fisiológica, ya que, para obtener un buen porcentaje de germinación, el almacenamiento adecuado de semillas favorece positivamente la calidad (Vidal *et al.*, 2005).

Según González *et al.* (2018), la aplicación de tratamientos pregerminativos basados en la aplicación de  $\text{KNO}_3$ , combinado con el tiempo de imbibición, mostró un efecto positivo sobre el porcentaje de germinación, velocidad media germinación, tiempo medio germinación, tasa de imbibición y adaptación en semillas bajo condiciones controladas.

## **Fitohormonas**

Llamamos fitohormonas a los fitorreguladores producidos por las propias plantas, generalmente en un punto distinto al que actúan, los fitorreguladores son compuestos orgánicos de origen natural que aplicando en concentraciones pequeñas aceleran o alteran el funcionamiento fisiológico de las plantas, así mismo el uso de fitorreguladores es una práctica que se viene aplicando en la agricultura en general, siendo así en algunos cultivos es fundamental su aplicación (Quilambaqui, 2003).

Según Díaz (2017) Las hormonas vegetales o fitohormonas son compuestos naturales producidos en las plantas y son las que definen en buena medida el desarrollo. Se sintetizan en una parte u órgano de la planta a concentraciones muy bajas (< 1 ppm) y actúan en ese sitio o se traslocan a otro en donde regulan eventos fisiológicos definidos (estimulan, inhiben o modifican el desarrollo). En general las hormonas se encuentran en todas partes de la planta y en todo momento, aunque eventualmente se concentran más en los sitios de mayor demanda.

En los distintos procesos del desarrollo de las plantas, actúan las fitohormonas, desde la germinación hasta la senescencia de la planta. Una fitohormona u hormona vegetal se define como una sustancia orgánica, distinta de los nutrientes, activa a muy bajas concentraciones, a veces producida en determinados tejidos y transportada a otro tejido, donde ejerce sus efectos, pero también puede ser activa en los propios tejidos donde es sintetizada. Se han identificado 9 grupos de hormonas vegetales: auxinas, giberelinas (GA), citoquininas (CK), brasinosteroides (BR), estrigolactonas (SL), etileno, ácido abscísico (ABA), jasmonatos (JA) y ácido salicílico (SA). Para ser considerada como hormona vegetal, la molécula debe cumplir tres condiciones: a) tener actividad fisiológica, b) ser de pequeño tamaño molecular y c) conocerse su receptor (Fichet, 2017).

En tal sentido, las hormonas vegetales son un grupo de moléculas pequeñas de naturaleza química diversa que controlan procesos, que van desde el crecimiento y desarrollo de la planta, hasta su respuesta frente al estrés biótico y abiótico (Chávez *et al.*, 2012).

## **Importancia de las fitohormonas**

Chávez *et al.* (2012) mencionan que los reguladores del crecimiento vegetal pueden interactuar de forma cooperada o antagónica, en dependencia del factor estresante. La selección de la respuesta más adecuada a cada uno de estos estímulos está determinada en parte por la interacción, positiva o negativa, que se establece entre estos fitorreguladores y sus rutas de señalización, debido a su importancia como mecanismo regulador en la defensa de la planta no solo ante situaciones de estrés abiótico, sino también en la germinación de semillas y la defensa de la planta contra el ataque de patógenos.

Con la aplicación de fitorreguladores, pretendemos influir aumentando la producción y calidad de los frutos y semillas de diversos cultivos modificando algún proceso fisiológico, Para sacarle provecho a la aplicación de los fitorreguladores que podemos utilizar en la actualidad hay que llevar un buen cultivo, ya que con la aplicación de los mismos mejoramos lo bueno que tenemos, no corrigiendo los errores cometidos durante el cultivo (Porrás, 2011).

## **Bioestimulantes**

Según Jardín (2015), un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia". Por extensión, los bioestimulantes de las plantas también designan productos comerciales que contienen mezclas de tales sustancias y / o microorganismos.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Localización del experimento

El trabajo experimental se realizó inicialmente en el Laboratorio de Fisiología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila; ubicada sobre la carretera (Saltillo-Zacatecas) entre las coordenadas geográficas 25°21'13" latitud N y 101°01'56" longitud O, y en uno de los invernaderos del campo experimental Saltillo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado sobre la carretera Saltillo-Zacatecas.

## 1. LABORATORIO DE FISIOLOGÍA DE SEMILLAS

### Material vegetal

Se utilizaron semillas de chile Poblano variedad San Luis, con baja tasa de germinación (75%).

### Preparación de los tratamientos

Se emplearon 3 productos: Fitobolic,  $\text{KNO}_3$  y Kinnetin, a tres concentraciones distintas para  $\text{KNO}_3$  y a dos concentraciones para Fitobolic y Kinnetin (Cuadro 1). Para cada tratamiento se contaron 120 semillas y se ubicaron en una caja de Petri sobre papel filtro, posteriormente se imbibieron por 48 h. En seguida se sembraron entre papel Anchor por 21 días. Trascurrido el tiempo, las plántulas se trasplantaron a charolas.

## Siembra en charola

Se preparó el sustrato utilizando una mezcla de peat-moss, perlita y vermiculita a una proporción de 2:1:1, para posteriormente rellenar las charolas de poliestireno de 242 cavidades.

Las plántulas normales de cada tratamiento provenientes de la siembra entre papel, se trasplantaron a charolas, las cuales se ubicaron dentro de una cámara bioclimática por 4 semanas, a una temperatura controlada de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , y un fotoperiodo de 16 h luz / 8 h de oscuridad.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a semillas en laboratorio.

| Variedad      | Tratamiento         |
|---------------|---------------------|
| Chile Poblano | Testigo             |
|               | Fitobolic 0.5%      |
|               | Fitobolic 1%        |
|               | NKO <sub>3</sub> 2% |
|               | NKO <sub>3</sub> 4% |
|               | NKO <sub>3</sub> 6% |
|               | Kinetin 0.5 ppm     |
|               | Kinetin 1 ppm       |



## 2. INVERNADERO DEL INIFAP

### Trasplante a invernadero

Trascurridas las 4 semanas, las plántulas en las charolas se pasaron al invernadero y se trasplantaron para su establecimiento final.

Se utilizaron contenedores (macetas) donde se empleó suelo agrícola como sustrato, a un marco de distancia de 0.5 m entre hileras y entre plantas, donde se observó que todas las plantas se adaptaron sin dificultad.

Durante el manejo agronómico del cultivo se realizaron prácticas como deshierbes, podas, sistema de conducción, riegos y aplicación de los productos químicos para el control de problemas por patógenos y plagas que se presentaron durante el ciclo vegetativo y reproductivo del cultivo.

### Fertirrigación

Solución nutritiva

La solución nutritiva que se le aplicó al cultivo, fue bajo la fórmula 196 N, 232 P, 174 K y 113 Ca. Se consideraron 2 soluciones madre (A y B), y su preparación fue de la siguiente manera:

#### Solución madre concentrada A (Macro elementos)

- Fosfato mono amónico (MAP) 340 g
- Nitrato de calcio 2080 g
- Nitrato de potasio 1100 g

En un recipiente de plástico se midieron 6 litro de agua, posteriormente se agregó cada fertilizante por orden de lista y se mezcló hasta diluir agitando constantemente, después se aforo con 4 litros de agua hasta completar 10 litros de solución madre concentrada (A).

#### Solución madre concentrada B (Micro elementos).

- Sulfato de Mg      492.00 g
- Sulfato de Cu      0.48 g
- Sulfato de Mn      2.48 g
- Sulfato de Zn      1.20 g
- Boro                  6.20 g
- Sulfato de Fe      50.00 g

En un recipiente de plástico se midieron 2 litros de agua y se disolvieron los fertilizantes por orden de lista agitando constantemente hasta disolver de manera homogénea, posteriormente se aforo con 2 litros de agua hasta completar 4 litros de solución madre (B).

#### **Solución Nutritiva Final**

Para la preparación de un tinaco de 600 Litros de solución final de riego, se consideraron las siguientes cantidades: se agregaron 3 litros de solución madre (A) y 1.2 litros de solución madre (B) mas 350 ml de buffer ácido para amortiguar el pH.

Durante la etapa de crecimiento del cultivo, los riegos se aplicaron en intervalos según la demanda de la planta y de acuerdo a la fase fenológica, mediante el sistema de riego localizado por espaguete. Durante la etapa de crecimiento

vegetativo se aplicó dos veces por día, uno en la mañana y otro en la tarde, cada riego efectuado suministraba a cada planta aproximadamente 330 ml de la solución nutritiva, lo cual se consideró óptimo en esta etapa.

Para la etapa reproductiva 70 (ddt), el riego se aplicó 3 veces por día, uno en la mañana, al medio día y por la tarde, suministrando a la planta alrededor de 1 litro de solución nutritiva por día.

Cabe mencionar que, durante días prolongados con nubosidad y condiciones de lluvia, los riegos por la tarde se suspendieron para evitar excesos de humedad en el invernadero y que ocasionara problemas al cultivo.

## **Podas**

La primer poda se realizó a partir de los 20 (ddt), se eliminaron los primeros tallos laterales y hojas basales como poda de sanidad, evitando los microclimas que se forman y posteriormente la presencia de problemas fungosos o de algún insecto en particular. Conforme el cultivo desarrollaba se realizaban las podas, en algunas ocasiones se generó presencia de patógenos, eliminando las hojas con los primeros síntomas para evitar la diseminación y poder excluir el problema.

## **Sistema de conducción**

A los 39 días después del trasplante, se realizó el primer tutoreo, en las plantas comenzaban a sobresalir los tallos laterales. Esto consistió en amarrar un hilo de rafia en los pilares del invernadero de lado a lado hasta generar un sistema de conducción para el correcto desarrollo de la planta, se colocaron 4 líneas de hilo, puesto que la planta cuando comenzó a entrar en etapas de crecimiento generativo las ramas tenían que ser sostenidas por los tutores para evitar que estas mismas se quebraran por el peso que empezaron a generar los primeros frutos.

## Problemas bióticos y abióticos

Durante inicios del cultivo no se presentaron problemas fitosanitarios, sino hasta la etapa generativa donde se comenzó a tener una incidencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) para lo cual detectados los primeros especímenes se aplicó un producto químico de acción sistémica (Confidor®), ingrediente activo (Imidacoprid), en dosis de 5 ml por cada litro de agua, aplicado en forma de aspersión mediante el equipo de mochila manual, la aplicación se realizó lo más homogénea posible en toda la superficie de la planta.

Después se comenzó a tener una enfermedad de tipo no infecciosa denominada pudrición apical de los frutos, ocasionada por las deficiencias de calcio (Ca) elemento indispensable para la dureza de los frutos, por lo que un desbalance en la demanda de este elemento repercute en la calidad del fruto. Durante varios días el clima se comportó atípico, las altas y bajas temperaturas que se presentaron durante días prolongados generaron baja asimilación de calcio por la planta, por lo que se aplicó productos foliares a base de (Ca) para evitar deficiencias en la planta, Ferti-plus a dosis de 2 g por cada litro de agua más un coadyuvante de acción adherente a dosis de 1 ml por litro de agua, la aplicación se realizó mediante la mochila manual de aspersión.

Se aplicó al sustrato Ferti-drip a una dosis de 2 g por litro de agua, en algunos días se suspendía la solución nutritiva del riego aplicado por la tarde y se aplicaba esta solución alrededor de medio litro por planta.

## VARIABLES EVALUADAS

Las variables se evaluaron a partir de los 14 días después del trasplante, posteriormente cada dos semanas se realizó la toma de datos, concentrándose en total 5 Fechas. Las variables evaluadas son las siguientes:

- **Diámetro de tallo**, para realizar la medición se utilizó el vernier para medir en (mm) de la parte media entre las primeras y nuevas bifurcaciones, con la finalidad de determinar el grado de desarrollo vegetativo a medida que el ciclo fenológico de la planta avanzaba.
- **Altura de planta**, cada una de las 54 plantas se midieron con la ayuda del flexómetro o cinta métrica, comenzando desde la corona de la planta hasta la parte terminal de crecimiento considerando la hoja más alta, excluyendo las inflorescencias y el nivel del suelo, expresado en metros.
- **Contenido de clorofila**, para la medición de la concentración del pigmento se utilizó el equipo SPAD Kónica Minolta. Se midieron 3 hojas por planta de cada tratamiento cuidando medir las hojas jóvenes bien desarrolladas de esta manera obteniéndose los datos.
- **Tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>**, se tomaron lecturas con un determinador portátil de asimilación de CO<sub>2</sub> marca LI-COR 6400 previamente calibrado, el cual permite mediciones precisas de fotosíntesis e intercambio de CO<sub>2</sub>, la lectura fue tomada una vez que el valor permaneció constante en la pantalla en un lapso de 5 segundos. En cada planta de cada tratamiento, se eligió una hoja que tuviera una superficie foliar de 6 cm<sup>2</sup>.

## VARIABLES DETERMINADAS

- Tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (**A**), expresado en  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

- $\text{CO}_2$  intercelular ( $C_i$ ) expresada en  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$ .
- Transpiración ( $E$ ) expresada en  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .
- Conductancia estomática al  $\text{H}_2\text{O}$  ( $g_s$ ), expresada en  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

## Cosecha de frutos

La cosecha se realizó cuando los frutos comenzaron a tener el índice de madurez, buen amarre, calidad, buen peso y tamaño adecuado para su posterior evaluación en el laboratorio de fisiología de semillas del centro de capacitación y desarrollo en tecnología de semillas, se realizó manualmente y se utilizaron bolsas de papel de estraza para almacenar el chile, y poder transportarlo al laboratorio, repitiéndose el proceso cada 15 días, donde se realizaron en total 5 cosechas durante el ciclo de producción.

- **No. de frutos por planta por corte**, se contabilizó el número de frutos cosechados por planta cada cuando se realizaba el corte.
- **Peso total de los frutos por planta por corte**, se pesó cada bolsa de chiles cosechados por planta anotando el dato.
- **Peso individual de 3 chiles**, de cada bolsa de chiles cosechados se seleccionaron los 3 mejores, donde posteriormente se determinó el peso individual de cada uno de los 3 chiles.
- **Diámetro ecuatorial**, de los 3 mejores chiles seleccionados de la bolsa se midió con el vernier en mm el diámetro de cada chile.
- **Diámetro polar**, de los 3 mejores chiles seleccionados de la bolsa se midió cada chile con el vernier en mm desde la parte del pedúnculo hasta la parte inferior del chile.

Cabe mencionar que en algunas plantas durante la cosecha solo se cortaba 1 a 2 frutos y en ocasiones ninguno, por lo que el dato se tomaba como inexistente y solo se contabilizaba las plantas que excedían a los 3 frutos cosechados para cumplir con el formato de investigación establecido.

## Diseño experimental

El experimento en invernadero para evaluar tratamientos y fechas de corte, se estableció utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial (8 x5) (8 tratamientos x 5 fechas de corte) bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = respuesta en la j-ésima unidad experimental con el tratamiento i-ésimo;

$\mu$  = media general;  $\alpha_i$  = efecto de tratamiento;  $\beta_j$  = efecto de fecha de corte;

$(\alpha\beta)_{ij}$  = interacción de factores  $\alpha$  y  $\beta$ ;  $\epsilon_{ijk}$  = error experimental.

Para el estudio fisiológico donde se determinó clorofila y variables asociadas con la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>, se analizó como factorial 3x5x8 (3 hojas x 5 fechas x 8 tratamientos).

Los datos de las variables evaluadas en cada una de las repeticiones, se sometieron a un análisis de varianza para poder determinar el efecto y la posible existencia de diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, se prosiguió a realizar una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para establecer el orden de eficiencia de los tratamientos utilizando el paquete estadístico SAS inc. (2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza de variables agronómicas evaluadas en invernadero en plantas de chile poblano (*Capsicum annuum*) variedad San Luis, generadas de semilla deteriorada tratada con fitohormonas y  $\text{KNO}_3$ , evaluadas durante el ciclo de producción primavera- verano, se muestran en el Cuadro 2. De acuerdo a los cuadrados medios, la fuente de variación (FV) Fecha de evaluación, indica que, las variables número de frutos por corte (NF), peso total de frutos por corte (PTF), peso por fruto (PPF), diámetro polar de fruto (DPF), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ).

Lo anterior indica que en las Fechas evaluadas las plantas de chile en los diferentes tratamientos, mostraron una respuesta agronómica desigual.

En la fuente de variación tratamientos, se encontraron diferencias significativas para la variable diámetro ecuatorial de fruto (DEF), mientras que para el resto de las variables no se obtuvo diferencias estadísticas. Lo anterior indica que los tratamientos aplicados modificaron la respuesta fisiológica de la semilla, reflejándose en la variable diámetro ecuatorial de fruto, mientras que el comportamiento y desarrollo agronómico del cultivo para las variables restantes no generó respuesta alguna. Asimismo, la interacción Fecha\*Tratamiento mostró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables número de frutos por corte (NF), peso total de frutos por corte (PTF) y diámetro ecuatorial de frutos (DEF), mientras que para las variables peso por fruto (PPF) y diámetro polar de fruto (DPF) se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Por lo tanto, las Fechas de evaluación y su interacción con tratamientos, indican que varias de las variables respondieron de manera disímil al tratamiento a semillas, previo a la siembra (Cuadro 2).



Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en chile poblano bajo condiciones de invernadero.

| FV          | GL  | NF        | PTF<br>(g)  | GL  | PPF<br>(g) | DPF<br>(mm) | DEF<br>(mm) |
|-------------|-----|-----------|-------------|-----|------------|-------------|-------------|
| Fecha       | 4   | 155.60 ** | 857376.58** | 4   | 4947.04**  | 1454.01**   | 407.72**    |
| Tratamiento | 7   | 11.41 NS  | 28254.20 NS | 7   | 588.18 NS  | 379.39 NS   | 136.08*     |
| Fecha *Trat | 26  | 34.82 **  | 138858.98** | 26  | 741.94*    | 465.70*     | 101.56**    |
| Error       | 688 | 8.03      | 26509.56    | 632 | 443.99     | 245.75      | 44.76       |
| C.V %       |     | 51.68     | 49.91       |     | 32.62      | 13.60       | 12.58       |

\*\* = Altamente Significativo ( $P \leq 0.01$ ), \* = Significativo ( $P \leq 0.05$ ), NS= No significativo, FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; Fecha = Fecha de evaluación; Trat= tratamiento; NF= número de frutos por corte; PTF= peso total de frutos por corte; PPF= peso por fruto; DPF= diámetro polar de fruto; DEF= diámetro ecuatorial de fruto.

En un trabajo relacionado, Bautista *et al.* (2012) trabajó con diferencias morfológicas entre variantes de chile, los resultados mostraron divergencias significativas en relación al peso, longitud y diámetro de fruto, lo que indica una respuesta de alta variabilidad de comportamiento en invernadero, esto quiere decir que la fase vegetativa e inicio de la reproductiva son determinantes en el manejo y desarrollo del cultivo.

Los resultados de este trabajo en comparación con lo reportado por Moreno *et al.* (2013), quien trabajó con el comportamiento de chile húngaro en mezclas de vermicomposta, demostró que la variable diámetro polar de fruto, generó respuesta en base a los tratamientos aplicados, mientras que para la variable peso de fruto resultaron estadísticamente iguales. Por lo tanto, es factible destacar que el diámetro polar y el peso de los frutos de chile impactan en mayor medida sobre el rendimiento, lo cual coincide con el hecho de que una mayor cantidad de frutos reflejen, por lo general, menor peso de éstos.

Bahena *et al.* (2011) observó el comportamiento agronómico de chile criollo cultivado en fertirrigación y acolchado, reportando que este método en comparación con el testigo aumenta el diámetro ecuatorial del fruto con valores que fluctuaron de 1.30 a 1.57 cm, con media de 1.39 cm.

En la comparación de medias (Cuadro 3), se observó para la variable número de frutos, que, a partir de la primera Fecha de corte, los frutos cosechados por planta aumentaron conforme el cultivo se desarrolló, presentando diferencias estadísticas (Figura 1 del Anexo). Esto debido a que la cantidad y tamaño de hojas favorece la demanda de fotosintatos para cada fruto. De acuerdo a los resultados, se obtuvieron en promedio, 5.48 frutos, por Fecha de corte.

Cabe mencionar que se observó un aumento en las variables peso total de frutos por corte y peso por fruto, ya que la última Fecha de cosecha generó mayor peso total en gramos, en comparación con las primeras Fechas de corte evaluadas (Figura 2 y 3 del Anexo).

Al comparar el peso total de fruto, se observó que la Fecha 5, con respecto a la media, tuvo un incremento de 139.77 g, de igual manera para peso por fruto, la Fecha 5 en comparación con la media, la superó por 9.71 g.

En la variable diámetro ecuatorial del fruto, la comparación de medias (Cuadro 3) indica que el tratamiento 5 superó al resto de los tratamientos, así como a la media general, ya que presentó un diámetro de 56.02 mm, destacando de la media general con 2.85 mm (Figura 4 del Anexo).

Con los resultados anteriores, se manifiesta que a través del tiempo, las plantas que definitivamente fueron bien nutridas se tornan productivas, y la interacción que se presentó con tratamientos, indica que desde el punto de vista bioquímico está relacionado con el metabolismo que ocurre durante la etapa germinativa, expresando mayor vigor, por lo tanto la respuesta agronómica tiene impacto sobre el rendimiento y calidad del fruto, dependiendo también de un buen manejo del cultivo durante sus diferentes etapas fenológica (Peña *et al.*, 2010), así como una nutrición favorable y acorde a las necesidades según sea su crecimiento, manejo de plagas y enfermedades, densidad de población, condiciones climatológicas de invernadero entre otras cosas.

Cuadro 3. Comparación de medias por Fecha para las variables evaluadas en chile poblano bajo condiciones de invernadero.

| FECHA | NF    | PTF<br>(g) | PPF<br>(g) | DPF<br>(mm) | DEF<br>(mm) |
|-------|-------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1     | 6.0 b | 329.86 b   | 63.79 c b  | 110.68 c    | 52.24 c b   |
| 2     | 5.5 b | 295.61 c b | 58.66 c    | 113.58 b c  | 52.21 c b   |
| 3     | 4.5 c | 289.69 c b | 65.89 b    | 119.54 a    | 53.70 b     |
| 4     | 4.3 c | 246.04 c   | 59.52 c b  | 113.24 b c  | 51.28 c     |
| 5     | 7.1 a | 465.94 a   | 74.29 a    | 118.14 b a  | 56.02 a     |
| Media | 5.48  | 326.17     | 64.58      | 115.21      | 53.17       |
| Tukey | 0.916 | 52.66      | 7.07       | 5.26        | 2.24        |

Fecha: 1= 24/ago/18; 2= 7/sep/18; 3= 21/sep/18; 4= 6/oct/18; 5= 23/oct/18; valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales, NF= número de frutos por corte; PTF= peso total de frutos por corte; PPF= peso por fruto; DPF= diámetro polar de fruto; DEF= diámetro ecuatorial de fruto.

Los resultados obtenidos en análisis de varianza para la variable contenido de clorofila (Cuadro 4), mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la fuente de variación Fechas de determinación, indicando que hubo variación a través del periodo de evaluación. El índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenido por el clorofilómetro portátil SPAD-502 es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja. Además, existe una clara correlación entre las mediciones del Minolta Spad-502 y el contenido en nitrógeno en la hoja. y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente

Para las interacciones (hoja\*tratamiento, hoja\*Fecha, hoja\*Fecha\*tratamiento) no se generó respuesta significativa alguna. Esto indica que los tratamientos aplicados afectaron la respuesta agronómica de las plantas, no así el índice de contenido de clorofila, que dependerá principalmente de su distribución en la hoja, lo que a su vez está codeterminado por la disposición de los cloroplastos en las células, que depende de las condiciones de luz y de su variación durante el día (Naus *et al.*, 2010). Dado que el medidor portátil mide la transmitancia de la luz a través de la hoja, el movimiento de los cloroplastos dentro de ella influye también en las lecturas.

De la misma manera, para este caso en particular, los valores obtenidos en el índice de clorofila podrían deberse en primera instancia a que las hojas evaluadas presentaban un distinto grado de madurez, en relación con las demás plantas, debido a que no todas las plantas de Chile tienen la misma velocidad en el desarrollo y maduración de sus hojas (Silla *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Cuadrados medios por Fecha del análisis de varianza de la variable clorofila, determinada en plantas de chile poblano bajo condiciones de invernadero.

| FV              | GL  | COLOROFILA<br>(Unidades SPAD) |
|-----------------|-----|-------------------------------|
| Hoja            | 2   | 145.51 NS                     |
| Fecha           | 4   | 8067.09 **                    |
| Trat            | 7   | 413.16 NS                     |
| Hoja*Fecha      | 8   | 345.79 NS                     |
| Hoja*Trat       | 14  | 506.97 NS                     |
| Hoja*Fecha*Trat | 84  | 361.87 NS                     |
| Error           | 690 | 783.98                        |
| C.V (%)         |     | 38.75                         |

\*\* = Altamente Significativo (0.01), \* = Significativo (0.05), NS= no significativo, FV= fuentes de variación; GL= grados de libertad; Trat = tratamiento.

Cuadro 5. Comparación de medias por Fecha para la variable contenido de clorofila, evaluada en plantas de chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido

| FECHA | COLOROFILEA<br>(Unidades SPAD) |
|-------|--------------------------------|
| 1     | 77.05 a                        |
| 2     | 74.00 a b                      |
| 3     | 80.71 a                        |
| 4     | 68.25 b c                      |
| 5     | 61.19 c                        |
| Media | 72.24                          |
| Tukey | 12.28                          |

Fecha de determinación: 1= 28/ago/18; 2= 11/sep/18; 3= 25/sep/18; 4= 9/oct/18; 5= 24/oct/18; valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales.

Considerando los resultados obtenidos en la comparación de medias (Cuadro 5), se observó para la Fecha 5 menor contenido de clorofila (unidades SPAD), y a su vez en comparación con la Fecha 4, la superó con 7.06 unidades, sin embargo, ambas Fechas resultaron ser estadísticamente iguales.

En el caso de la Fecha 3 se aprecia el mayor índice de contenido de clorofila superando a la Fecha 1 con 3.66 unidades y a la Fecha 2 con 6.71 unidades. En cuanto a la media general, las Fechas 1, 2, y 3 obtuvieron valores más altos. En el caso particular de la Fecha 3 se observa que supera a la media por 8.47 unidades, y la Fecha 1 la supera por 4.81 unidades.

Con los resultados anteriores se demuestra que las diferencias entre Fechas de determinación del índice del contenido de clorofila, se deben esencialmente al desarrollo de las plantas y a la influencia de factores externos como la luz, la temperatura, y el manejo agronómico (Ricote *et al.*, 2018), que a su vez inciden en la síntesis o redistribución de nutrimentos y sustancias que definen la composición química de la clorofila.

Debido a lo antes señalado, el contenido de clorofila en las plantas tiene relación con el índice de fotosíntesis y a su vez estos dos factores influyen considerablemente en el rendimiento de una planta. En un trabajo similar sobre la determinación del índice de clorofila (Hurtado *et al.*, 2017), proponen una metodología de medición entre las horas del sol, selección de la hoja y la medición de la hoja, para las solanáceas, especialmente para tomate, debido a que si se realiza una lectura entre las 10:00 a.m. y las 12:00 p.m., se asegura que la hoja este expandida y seca, evitando el rocío de la mañana; así mismo, la hoja seleccionada será ubicada bajo el racimo floral que este llenado, de igual manera la medición con el medidor de clorofila SPAD se hará en la parte distal del lado adaxial de la hoja, entre el nervio principal y el borde de la hoja.



Por otra parte, Vasconcelos *et al.* (2014) encontraron que la medición de clorofila en plantas de papa debe realizarse en los folíolos de la tercera y cuarta hoja, independientemente de las áreas foliares utilizadas, en el horario de las 08:00 am y a los 60 días después del trasplante del cultivo, ya que de esta manera la cuantificación del índice de la clorofila representa una herramienta fiable y con potencial para guiar el manejo de fertilizante nitrogenado para el cultivo.

En un trabajo similar Martínez y Guiamet (2004) trabajaron con cambios en la irradiancia y el estado de hojas de trigo y maíz mediante el medidor de clorofila SPAD 502 demostrando que los cambios moderados en el contenido de agua de la hoja pueden causar variaciones en las lecturas SPAD de más de 2 unidades y las variaciones encontradas en el contenido de clorofila no deben atribuirse únicamente al horario de lectura, sino también al contenido de agua en la hoja y la influencia de la temperatura.

En otras investigaciones, al analizar los resultados Steele *et al.* (2008), encontró que la mayor dispersión asociada con los mayores niveles de clorofila en hojas de vid se daba de manera tardía, por lo que las mediciones de clorofila pueden usarse para evaluaciones tempranas en las primeras etapas de estrés de la planta. Estos resultados concuerdan con lo encontrado con Richardson *et al.* (2002) quien sugiere que los investigadores deben considerar el uso de índices de reflectancia para estimar el contenido de clorofila en el nivel de la hoja porque pueden ser más precisos que los medidores de absorbancia.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de fotosíntesis evaluadas en chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido.

| FV          | GL | FOTO<br>$\mu\text{mol luz m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | COND<br>$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | Ci<br>$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$ | TRANSP<br>$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
|-------------|----|---|--|--|--|
| Fecha       | 1  | 22.33 **  | 0.066 *  | 622.77 NS  | 225.61 **  |
| Tratamiento | 7  | 1.95 NS   | 0.016 NS   | 1388.94 NS                                       | 12.12 NS   |
| Fecha *Trat | 7  | 4.14 *  | 0.011 NS   | 728.42 NS  | 7.04 NS  |
| Error       | 96 | 1.84  | 0.010  | 1028.90  | 6.72   |
| C.V %       |    | 9.88  | 38.44  | 12.70  | 23.04  |

\*\* = Altamente Significativo ( $P \leq 0.01$ ), \* = Significativo ( $P \leq 0.05$ ), NS= No significativo, FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; FOTO= Fotosíntesis; COND= Conductancia estomática; Ci=  $\text{CO}_2$  Intercelular; TRANSP= Transpiración.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el análisis de varianza para la variable fotosíntesis, los cuadrados medios (Cuadro 6) en la fuente de variación (FV) Fecha indican que las variables fotosíntesis y transpiración mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), mientras que para la variable conductancia estomática se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Con base en lo anterior, las Fechas de evaluación de plantas de chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido, para la variable fotosíntesis, indican que la respuesta fisiológica se comportó de manera variable.

En la fuente de variación tratamiento, no se encontraron diferencias significativas para las variables fotosíntesis, conductancia estomática,  $\text{CO}_2$  intercelular y transpiración. Con base en los resultados obtenidos, el efecto de los tratamientos aplicados a semillas, no se vio reflejado en las variables mencionadas. Posiblemente afecten el metabolismo de las semillas, sin modificar procesos fisiológicos como la tasa de asimilación de  $\text{CO}_2$  y las variables que se relacionan con ella.

Para la interacción Fecha\*Tratamiento solo se observó diferencias estadísticas significativas para la variable fotosíntesis, mientras que las variables conductancia estomática,  $\text{CO}_2$  intercelular y transpiración, mostraron un comportamiento estadísticamente igual.

Gutiérrez *et al.* (2004) indican una relación positiva en la tasa fotosintética y el rendimiento de grano en el cultivo del trigo, donde pretendieron encontrarse genotipos con altos rendimiento y la posibilidad de utilizar la tasa de fotosíntesis como un parámetro fisiológico que indique alto rendimiento.

En la comparación de medias para la fuente de variación Fechas (Cuadro 7), se observó para la variable fotosíntesis una diferencia de  $0.89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  entre la Fecha 1 y la Fecha 2, siendo superior la Fecha 2, y mayor a la media por  $0.95 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Al comparar la conductancia estomática, se observó para la Fecha 1 el valor más bajo, en comparación con la Fecha 2, que la supera con una diferencia de  $0.045 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Por otra parte, la variable  $\text{CO}_2$  intercelular mostró para ambas Fechas valores estadísticamente iguales. Si bien, la Fecha 1 se encuentra por debajo de la media general, a diferencia de la Fecha 2, que se superó a la media general por  $2.09 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$ .

De la misma manera, la variable transpiración indica para la Fecha 1 un valor de 9.85, superada por la Fecha 2 que obtuvo  $12.65 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Y al comparar la Fecha de medición 2 con la media general, está la supera por  $1.4 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

En un trabajo similar Escalante *et al.* (2008), encontraron respuesta diferencial de la fotosíntesis con respecto a la temperatura de la hoja, en especies como el chile al incrementarse la temperatura de la hoja la fotosíntesis se redujo, esto debido a que las plantas C4 tienen un óptimo de temperatura más alto que las C3 y las plantas C4 alcanzan el óptimo de fotosíntesis entre  $30$  y  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  mientras las C3 su óptimo es a temperaturas menores y al sobre pasar se cierran sus estomas y frenando así el proceso fotosintético.

En un trabajo similar Quezada *et al.* (2010) observaron que existe una relación inversa entre la fotosíntesis y la resistencia estomática en plantas de pimiento morrón cultivadas bajo diferentes colores de acolchado, las cuales a su vez fueron afectadas por la temperatura del suelo y de la hoja, la tasa fotosintética aumentó a través del tiempo mientras que la resistencia estomática disminuyó.

Cuadro 7. Comparación de medias por Fecha para las variables fotosíntesis evaluadas en chile poblano bajo condiciones de ambiente protegido.

| FECHA | FOTO<br>$\mu\text{mol luz m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | COND<br>$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | Ci<br>$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$ | TRANSP<br>$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ |
|-------|--|---|--|---|
| 1     | 13.28 b  | 0.242 b   | 250.46 a   | 9.85 b  |
| 2     | 14.17 a  | 0.287 a   | 254.64 a   | 12.65 a   |
| Media | 13.76  | 0.264   | 252.55   | 11.25   |
| Tukey | 0.50   | 0.03  | 12.03  | 0.97  |

Fecha: 1= 28/ago/18; 2= 11/sep/18; Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales, FOTO= Fotosíntesis; COND= Conductancia estomática; Ci=  $\text{CO}_2$  Intercelular; TRANSP= Transpiración.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que los tratamientos aplicados a semillas deterioradas de chile Poblano durante la fase de imbibición, a base de reguladores de crecimiento y de bioestimulantes, tienen efecto únicamente en la germinación, y no afectan las respuestas agronómicas y fisiológicas de las plantas.

La única variable que obtuvo diferencias significativas entre tratamientos, es el diámetro ecuatorial de fruto, mostrando que las aplicaciones de reguladores de crecimiento y/o bioestimulantes a semillas tuvieron efectos desiguales.

Respuestas significativas se obtuvieron entre Fechas de evaluación para las variables número de frutos por corte, peso total de frutos por corte, peso por fruto, diámetro polar de fruto y diámetro ecuatorial de fruto. En general los valores incrementaron a través del tiempo de evaluación.

El índice de clorofila en unidades SPAD incrementó hasta la tercera Fecha de evaluación (80.71), reduciéndose en la quinta hasta 61.19.

La tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>, varió significativamente entre Fechas de determinación, siendo estadísticamente superior la segunda Fecha, debido principalmente a la alta conductancia estomática y a la disponibilidad de CO<sub>2</sub> intercelular.

Tanto el comportamiento agronómico como el fisiológico de los cultivos depende en gran medida del manejo cultural aplicado durante las etapas vegetativa y reproductiva.

Este trabajo afirma la importancia del tratamiento a semillas deterioradas, durante la imbibición, obteniendo plántulas saludables con la capacidad de establecerse en invernadero y producir frutos de buen peso y tamaño.

## LITERATURA CITADA

Aguilar, R., H. López, P. A. López, J. D. Guerrero, A. Santacruz y A. Huerta. 2011. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile poblano. Revista Chapingo Serie Horticultura. V.17:3, pp.139-150.

Aguilar, V., 2012. Cultivo del chile en México. Revista Fitotecnia Mexicana, V.35:4, pp. 264.

Aguirre, C., G. Iturriaga, J. G. Ramírez, J. Covarrubias, F. Chable y J. C. Raya. 2017. El chile (*C. annuum L.*), cultivo y producción de semilla. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. V.5:1, pp.19-27.

Aguirre, E., y V. Muñoz. 2015. El chile como alimento. Revista ciencia. V.66:3, pp. 18-19.

Bahena G., A. J. Bustos, E. Broa, M. A. Jaime. 2011. Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum L.*) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. Ciencias Agropecuarias. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, V.4:1, pp.19-24.  
Doi: 10.5154/r.inagbi.2011.11.11014.

Bautista, M., J. C. Carrillo, J. L. Chávez, Y. Villegas. 2012. Diferencias morfológicas entre variantes de chile (*Capsicum annuum L.*) de Oaxaca, en invernadero. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en línea: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-dela-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Bradford, K. J. 2013. Seeds Physiology of development, germination and dormancy, 3rd edition. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. Davis, CA. USA. pp. 341-376.

Carrillo, J. A., J. M. Pichardo, O. J. Ayala, V. A. Gonzales y A. Peña. 2011. Adaptación de un modelo de deterioro a semillas de tomate de cáscara. Revista Fitotecnia Mexicana, V. 34:1 pp. 53-61.

Chávez, L., A. Álvarez, C. R. Ramírez. 2012. Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. Cultivos tropicales, V.33:3, pp. 47-56.

Delouche, J. C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Seed News. Disponible en línea: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/2004-germinacion-deterioro-y-vigor-de-semillas-edicao-novembro-2002>. Fecha de consulta: Mayo de 2019.

Díaz, M. D. 2017. Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales, V.31:1, pp. 74-85.

Du Jardin, P. 2015. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. Rev. Scientia Horticulturae, 196:3-14.

Escalante, L., R. Trejo, O. Esquivel, J. G. Arreola, A. Flores. 2008. Comparación de tasas fotosintéticas en algunas plantas cultivadas y malezas. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, V. 7. pp. 165-172.



Flores, J., y E. Jurado. 2011. Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. V.2: 8, pp.60-70.

Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigor testing. In: Seed vigor testing seminar. Zurich: International Seed Testing Association. pp. 1-9.

Fichet, L. T. 2017. Biosíntesis de las Fitohormonas y Modo de Acción de los Reguladores de Crecimiento. Serie Nutrición Vegetal Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

González, L. J., B. E. Pita, E. H. pinzón, G. E. Cely, P. A. Serrano. 2018. Efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de *Dianthus barbatus* L. Bajo condiciones controladas. *Revista de ciencias agrícolas*, V. 35:1, pp. 58-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.83>.

González, S., C. L. Aguirre, J. Covarrubias, F. Cervantes, O. A. Grageda. 2018. Efecto del fraccionamiento de la fertilización nitrogenada aplicada al trigo sobre la calidad de su semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. V.9:2, pp. 291- 301.

Gutiérrez, M., P. Reynolds, J. A. Estrada y A. Larqué. 2014. Algunas consideraciones en la relación entre fotosíntesis y el rendimiento de grano en trigo. *Ciencia Ergo Sum*. V. 12:2, pp. 149-154.

Hernández, S., P. Dávila, K. Uyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. V.64, pp. 65-84. DOI: 10.17129/botsci.1583.

Hurtado, E., F. González, C. Roper, E. Bastias, P. Mazuela. 2017. Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de tomate. *Idesia (Arica)*, V.35:4, pp. 129-130. Doi.org/10.4067/S0718-34292017000400129.

Maldonado, F., C. Rúaless, M. Caviades, D. Ramírez y A. León. 2016. Una evaluación de los métodos físicos y mecánicos de escarificación en la germinación de semillas de *Vachellia macracantha*. *Ecofisiología vegetal y producción de cultivos*. V. 67:1, pp. 120-125.

DOI: org/10.15446/acag.v67n1.60696.

Martínez, D. y J. Guiamet. 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomy, EDP Sciences*, 24 (1), pp.41-46. DOI: 10.1051/agro:2003060.

Montalvo, E., N. G. González, H. S. García, B. Tovar, M. Mata. 2009. Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile poblano en poscosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* V.15:2, pp. 189-197.

Moreno, A., N. Rodríguez, J. L. Reyes, C. Márquez, J. Reyes. 2014. Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompostarena bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, V.46: 2, pp. 97-111.

Naus, J., J. Prokopová, J. Rebíček and M. Spundová. 2010. SPAD chlorophyll meter reading can be pronouncedly affected by chloroplast movement. *Photosynthesis Research* 105(3): 265-271. DOI:[10.1007 / s11120-010-9587-z](https://doi.org/10.1007/s11120-010-9587-z).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 2017. Cantidades de producción de Chiles, pimientos picantes, pimientos verdes. Disponible en línea:

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Fecha de consulta: Mayo de 2019.

Peña, A., F. González y F. J. Robles. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* V.1:1, pp. 27-35.

Pérez, I., V. A. Gonzales, O. J. Ayala, J. A. Carrillo, G. García, A. Peña, E. Cruz. 2012. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, V. 3:1, pp. 67-78.

Pérez, L., G. Castañón, M. Ramírez y N. Mayek. Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum spp.* *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. V. 2. 4, pp. 117-128.

Pérez, L., J. C. Carrillo, J. L. Chávez, C. Perales, R. Enríquez y Y. Villegas. 2017. Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchites del chile en Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, V.8:2, pp. 281-293.

Ponce, P., R. Quiroga, M. A. Rosales, J. L. Zuart, C. C. Moya y C.A. Cabrera. 2008. Evaluación In Situ de la variabilidad genética de los chiles silvestres *Capsicum spp.* en la región Frailesca del estado de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*. V. 29:2, pp. 49-55.

Porras, I. 2011. Aplicaciones de fitorreguladores en cítricos. *Revista profesional de sanidad vegetal*. pp. 42-46. Disponible en línea: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3685521>. Fecha de consulta. Marzo de 2019.

Prado, G., L. C. Lagunés, E. García, C. C. Bautista, W. Camacho, F. Mirafuentes, V. H. Aguilar. 2015. Germinación de semillas de chile silvestre en respuesta a tratamientos pregerminativos. Ecosistemas y recursos agropecuarios. V. 2:5, pp. 139-149.

Quezada, M., J. Munguía, L. Ibarra, M. A. Arellano, L. A. Valdez, B. Cedeño. (2010). Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. V. 29:4, pp. 421-430.

Quilambaqui, J. C. 2003. Efecto de las fitohormonas en la fruticultura. Ciencias pecuarias y agroindustriales. Disponible en línea: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5969773>. Fecha de consulta: Marzo de 2019.

Richardson, A., S. Duigan, y G. Berlyn. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist V.153, pp.185-194. Doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00289.

Ricote, O., N. J. Arozarena, A. Trujillo, L. Monzón, A. Villalón, A. J. Trémols. 2018. Contenido foliar de clorofila y calidad comercial como respuesta a la enmienda edáfica con turba ácida. Cultivos Tropicales, La Habana, Cuba. V. 39:1, pp. 43-51.

SEMINIS. 2016. Tratamiento de semillas e importancia en los Cultivos. Disponible en línea: <https://seminis-andina.com/tratamiento-de-semillas-e-importancia-en-los-cultivos/>. Fecha de consulta: Febrero de 2019.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Avance de siembras y cosechas resumen nacional por estado. Disponible en línea:

[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo).

Fecha de consulta Febrero 2019.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Avance de siembras y cosechas resumen nacional por estado. Disponible en línea:

[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo).

Fecha de consulta Febrero 2019.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Márgenes de comercialización Hortalizas. Disponible en línea:

<https://www.gob.mx/siap/prensa/margenes-de-comercializacion-junio-2015>.

Fecha de consulta Diciembre 2018.

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2017. Generalidades de la Red Chile. Disponible en línea:

<https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/chile-capsicum-spp>.

Fecha de consulta Diciembre de 2018.

Silla, F., A. González G., M. E. González M., S. Mediavilla and A. Escudero. 2010. Estimation of chlorophyll in *Quercus* leaves using a portable chlorophyll meter: effects of species and leaf age. *Annals of Forest Science* 67(1): 108, 7 p. DOI: 10.1051/forest/2009093.

Steele, M., A. Gitelson, y D. Rundquist. 2008. A comparison of two techniques for nondestructive measurement of chlorophyll content in grapevine leaves. *Agronomy Journal* V.100:3, pp. 779-782. Doi:10.2134/agronj2007.0254N.

Toledo, R., H. López, P. A. López, J. D. Guerrero, A. Santacruz y A. Huerta. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile poblano. 2016. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* V.7:5, pp. 1005-1015.

Vasconcelos, R., R. D. Prado., A. Reyes., G. Caione. 2014. Efecto del horario de medición, posición y porción de la hoja en los índices de clorofila en la papa. IDESIA (Chile) V.32:4, pp. 23-28.

Vidal, E., J. C. Rojas, L. M. Marroquín, J. Martínez, T. M. Corona y J. Andrade. 2015. Efecto de la edad y tratamientos pregerminativos sobre la calidad fisiológica de semillas de Chirimoya *Annona cherimola Mill.* Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. V.48, pp. 89-95.

## ANEXOS

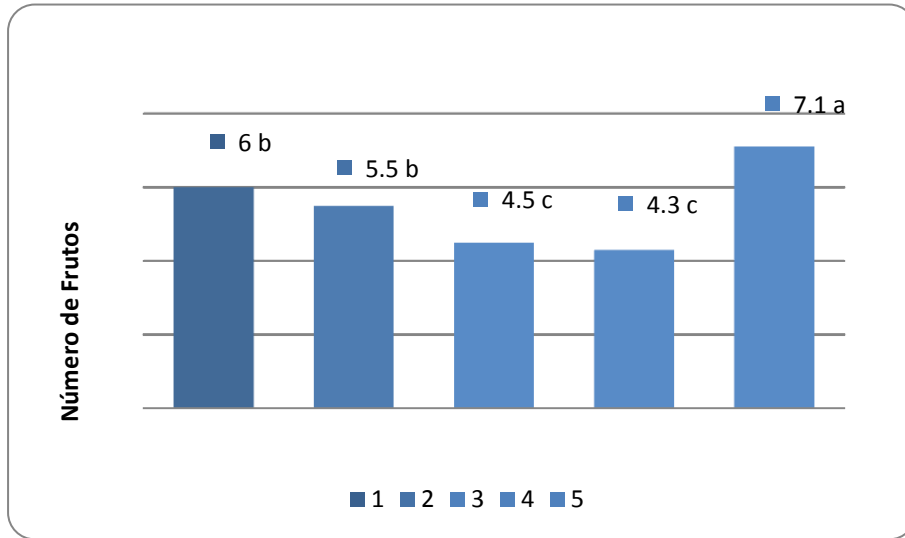


Figura 1. Medias del variable número de frutos por Fecha de Corte, en plantas de chile poblano.

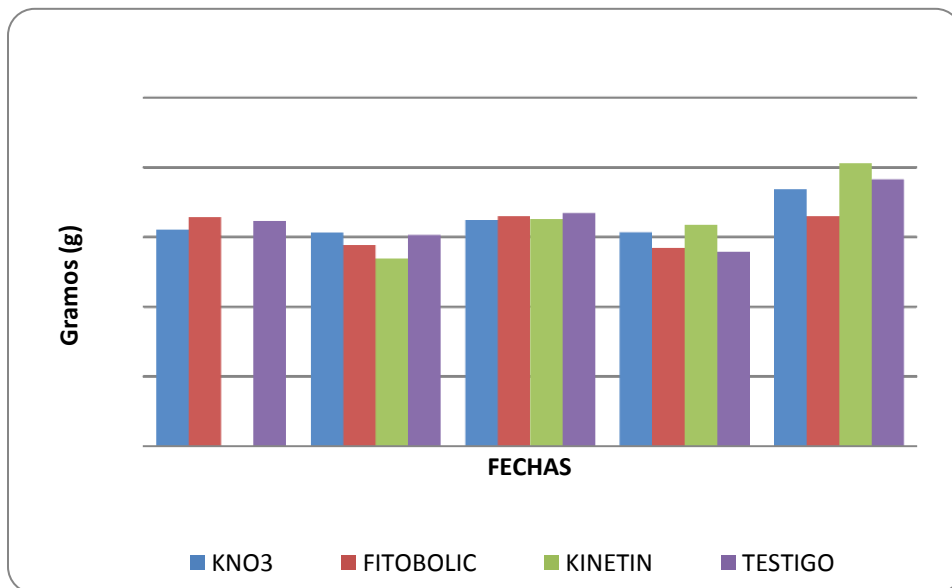


Figura 2. Medias de la variable peso por fruto de chile poblano por Tratamiento y por Fecha de Corte.

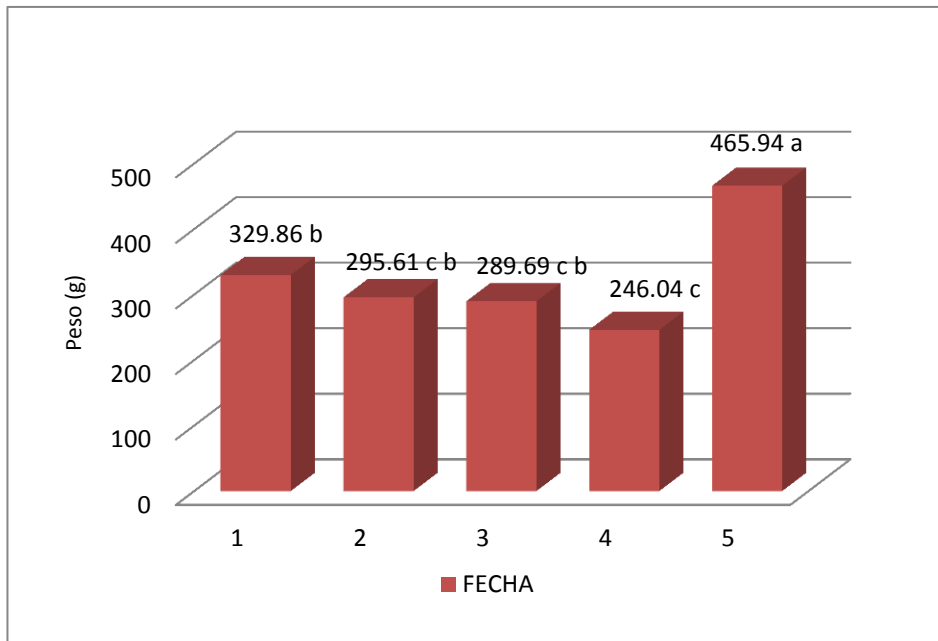


Figura 3. Respuesta de la variable peso total de frutos cosechados de plantas de chile poblano, por Fecha de Corte.

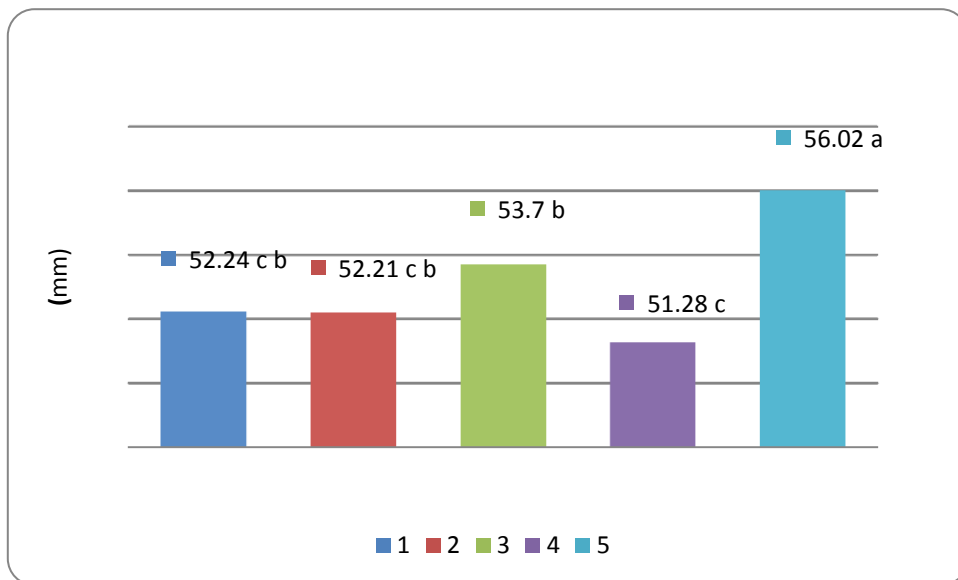


Figura 4. Respuesta de la variable diámetro ecuatorial de frutos de chile poblano, evaluados en cinco Fecha de Corte.